Aus der Abteilung für Anästhesiologie
der Universität Düsseldorf

Direktor : Professor Dr. M . Zindler

Über das Verhalten des extravaskulären Lungenwassers (Doppelindikatormethode nach Lewis und Elings) bei großen Gefäßoperationen in Kombinationsnarkose mit Ethrane und Periduralanästhesie.

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Rudolf Schier

1983

UNIV.
LAUDEN.
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543926_0117

Aus der Abteilung für Anästhesiologie
der Universität Düsseldorf

Direktor : Professor Dr. M . Zindler

Über das Verhalten des extravaskulären Lungenwassers (Doppelindikatormethode nach Lewis und Elings) bei großen Gefäßoperationen in Kombinationsnarkose mit Ethrane und Periduralanästhesie.

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Rudolf Schier

1983

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez.: Prof. Dr. Brüster

Referent
gez.: Prof. Dr. Zindler

Korreferent
gez.: Prof Dr. Sandmann

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Ziel der Arbeit	1
2.	Krankengut	2
3.	Narkosemethode	4
3.1.	Prämedikation	4
3.2.	Narkosevorbereitungen	4
3.3.	Narkoseverlauf	7
4.	Zur Operationstechnik	9
5.	Messung und Berechnung wichtiger Parameter zur Beurteilung von Hämodynamik und Lungenfunktion	10
5.1.	Kontinuierlich gemessene Parameter	10
5.2.	Punktuell gemessene Parameter	12
6.	Die Messung des extravaskulären Lungenwassers	13
6.1.	Methode	13
6.2.	Herzminutenvolumen	15
6.3.	Das extravaskuläre Lungenwasser	16
6.4.	Praktischer Aufbau der Meßeinheit	17
7.	Ergebnisse	19
7.1.	Fall I	20
7.2.	Fall II	22
7.3.	Fall III	23
7.3.1.	Meßwerte und Befunde	23
7.3.2.	Lungenwasser und Röntgenbefunde der Lunge	24
7.3.3.	Lungenwasser und Volimembilanz	25
8.	Diskussion	27
9.	Zusammenfassung	31
10.	Literaturverzeichnis	32

2. Krankengut

Es werden drei Fälle unter dem Aspekt des extravaskulären Lungenwassers beschrieben, bei denen wegen eines infrarenal gelegenen Bauchaortenaneurysmas eine große Gefäßoperation durchgeführt werden mußte. Sie erhielten alle drei gleichermaßen eine Kombinationsnarkose mit Ethrane und thorakaler Periduralanästhesie.

Fall I

51jähriger, normalgewichtiger Mann (68 Kg, 172 cm) mit faustgroßer, pulsierender Resistenz im Mittelbauch, der seit einem halben Jahr gürtelformige Rückenschmerzen verspürte. Nach Computertomographie und Sonografie wurde ein ausgedehntes, infrarenales Aortenaneurysma bis zur Iliacagabel diagnostiziert. Bei dem normotonen Patienten fanden sich im präoperativen EKG Zeichen von Coronarsklerose. Die präoperativen Laborwerte waren im Normbereich, es lagen keine wesentlichen Begleiterkrankungen vor.

Fall II

71jährige, übergewichtige Frau (84 Kg, 165 cm) bei der neben einem symptomatischen, infrarenalen Bauchaortenaneurysma noch eine Nierenarterienstenose vorlag. Die

Operation des Bauchaortenaneurysma mußte also noch durch eine transaortale Desobliteration der linken Nierenarterie erweitert werden. Bluthochdruck, Diabetes mellitus und kompensierte Herzinsuffizienz lagen als Begleiterkrankungen vor und wurden präoperativ ausreichend therapiert.

Fall III

66jähriger, normalgewichtiger Mann (77 Kg, 184 cm), bei dem bei einer urologischen Untersuchung ein infrarenales Bauchaortenaneurysma zufällig entdeckt worden war. Er leidet seit Jahren an Hypertonie, Angina pectoris und ist zweimal voroperiert (1971 B II, 1982 Pyelotomie) worden. Im präoperativen EKG finden sich Zeichen von Coronarsklerose.

Die Patienten wurden in gleicher Weise auf die Operation vorbereitet.

3. Narkosemethode

Alle untersuchten Patienten erhielten eine Barbiturat-Ethrane-Intubationsnarkose kombiniert mit einer thorakalen, segmentalen Peridural-anästhesie.

3.1. Prämedikation

Zur Sedierung wurden am Vorabend 10 mg Diazepam und 200 mg Luminal oral verabreicht. Etwa 30 Minuten vor Narkosebeginn wurde allen Patienten 1,0 ml Dolantin, 1,0 ml Atosil und 1,0 ml Atropin intramuskulär injiziert.

3.2. Narkosevorbereitungen

Am rechten und linken Handrücken wurden je eine großkalibrige Vene mittels Braunüle 2,0 punktiert und mit Ringerlactatinfusion je 250 ml versehen.

Danach erfolgte die Punktion des Epiduralraumes zwischen dem 8. und 9. thorakalen Dornfortsatz mit der 16-Gauge-Tuohy-Nadel in rechter Seitenlage. Zur Identifikation des Epiduralraumes wurde die Widerstandsverlusttechnik mit einer mit 5 ml 0,9% ige physiologischer Kochsalzlösung gefüllter Luer-Lok-Einmalspritze angewandt.

Über die Tuohy-Nadel wurde ein Epiduralkatheter mit nur seitlich angebrachten Öffnungen (Fa. Portex) 4 cm nach kranial eingeführt. Das Katheterende wurde mit einem Bakterienfilter (Fa. Millex TM Filtereinheit) gesichert. Nach sterilem Verband der Punktionsstelle wurde der Katheter mit Pflaster am Rücken des Patienten fixiert und über die linke Schulter nach ventral geführt.

Nun erfolgte, unter strengster Beachtung der Regeln der chirurgischen Asepsis, die Insertion eines Lungenwasserkatheters (Fa. Edwards Laboratories, Modell 96-o2o-5F) in einer a. axillaris.

Abb.: 1
Lungenwasserkatheter Modell 96-o2o-5F der Fa. Edwards Laboratories (4)

Unter Verwendung eines perkutanen Kathetereinführungsbesteckes (Fa. Argon Medical Corp. PCI KIT/3/4F Percutaneons Catheter Introducer) wurde die Arterie mit einer 18-Gauge-Nadel punktiert, ein Führungsdraht

2o-3o cm weit in das Gefäß eingebracht und über diesen, nach kleiner Hautincision, der Katheter eingeführt. Nach Entfernung des Führungsdrahtes wurde sofort ein vorbereitetes Spülsystem über Drei-Wege-Hahn und Küvette an den Katheter angeschlossen und fortlaufend mit heparinisierter Kochsalzlösung (1ooo IE/5oo ml 6 ml/h gespült.)

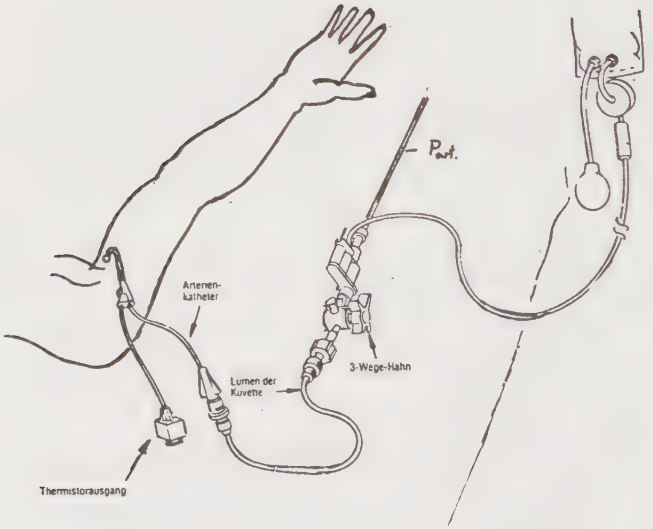


Abb.: 2

In die Arterie eingeführter Lungenwasserkatheter mit Thermistorausgang, Küvette, Drei-Wege-Hahn, Spülsystem und arterieller Druckleitung.

Das Ansatzstück des distalen Lumens dieses arteriellen Katheters wurde über eine Druckleitung (Fa. Vygon, Lectro-Cath 115515, Länge 15o cm) und einen Druckaufnehmer (Fa. Gould Statham P23ID - B16448) mit Eingang 1 (BP1) des Triple Blood Pressure Module (426-13o) des Solo Monitor (Fa. Mennen Medical) verbunden. Somit dient er gleichzeitig der notwendigen fortlaufenden Messung des arteriellen Blutdruckes.

Es wird weiterhin unter sterilen Bedingungen eine v. jugularis interna punktiert, über die ein Swan-Ganz-Katheter (Fa. Edwards Laboratories, VIP Thermodilutions Katheter Modell 93A-831-7,5F) eingelegt wird. Sein distales und proximales Lumen werden über Druckleitungen (Vygon-Lectro-Cath, Länge 75 cm) und Druckaufnehmer (Gould Statham Nr. B16447, Nr. B16452) mit Eingang 2 und 3 (BP 2 und BP 3) des Triple Blood Pressure Modules (426 - 13o) des Solo Monitor (Fa. Mennen Medical) verbunden.

Die Patienten erhalten einen Blasenkatheter mit Urimeter (Fa. Braun).

3.3. Narkoseverlauf

5 ml Bupivacain o,5 % ohne Adrenalinzusatz werden als Testdosis in den Epiduralkatheter injiziert. Nach fünf Minuten wird die Wirkung beurteilt und weitere 15 ml des Medikamentes als Volldosis verabreicht. 3o Minuten

nach Applikation erfolgt die Prüfung der sensiblen Blokade mit einer Nadel. Eine sensible Nervenblockade von der Mamillarlinie (Th 5) bis zum Knie (L 5) ist für die Operation notwendig. Ist ausreichende Analgesie erreicht, erfolgt die Einleitung der Intubationsnarkose. Nach Praeoxygenation, Gabe von 3 mg Curare erfolgt die Einleitung mit einer geringen Dosis Evipan nach Wirkung (1oo-2oo mg). 75-1oo mg Succinyl ermöglichen die schonende Intubation. Es folgt Normoventilation mit Lachgas-Sauerstoff-Gemisch im Verhältnis 1 : 1. Zur Unterhaltung der Inhalationsnarkose (Draeger Spiromat 656) werden o,4-max. 1,5 Vol. % Ethrane beigemischt.

Die Patienten werden mit Pancuronium o,1 mg/Kg relaxiert. Gegen Ende der Operation werden unter frühzeitiger Zurücknahme der Inhalationsnarkose 1o ml Bupivacain o,5 % in den Epiduralkatheter nachinjiziert. Am Operationsende wurden alle Patienten bei ausreichender Spontanatmung und nach Antagonisierung (2,o mg Prostigmin, 1 mg Atropin i.v.) extubiert. Die Schmerzbehandluchin der postoperativen Phase erfolgt bis zum 2. postoperativen Tag über den liegenden Epiduralkatheter durch fortlaufende Zufuhr von Bupivacain o,125-o,25 %.

4. Zur Operationstechnik

Nach Eröffnung des Abdomens durch Längslaparatomie und Eventeration des Darmes, werden Aorta und Aneurysma freipräpariert und seine Ausdehnung inspiziert. Die Aorta wird distal der Nierenarterien mit einer geraden Klemme verschlossen, desgleichen werden im Bereich der Aortenbifurkation, an welchem das Aneurysma endet, Verschlüsse angebracht. Das Aneurysma wird, nach Blutentnahme und Vorgerinnung einer Kunststoffprothese, mit dem Messer längs eröffnet. Nach Desobliteration und Umstechung rückblutender Lumbalarterien wird eine Gefäßprothese End zu End anastomosiert. Der Blutstrom wird dann schrittweise wieder freigegeben und die Pulse in beiden Leistenbeugen kontrolliert. Der Aneurysmasack wird über der Gefäßprothese vernäht, danach erfolgt Verschluß der Bauchdeckenwunde. Im folgenden sind die Abklemmzeiten der Aorta für die einzelnen Fälle genannt:

Fall I : 45 Minuten
Fall II : 52 Minuten
Fall III : 40 Minuten

5. Messung und Berechnung wichtiger Parameter zur Beurteilung von Hämodynamik und Lungenfunktion.

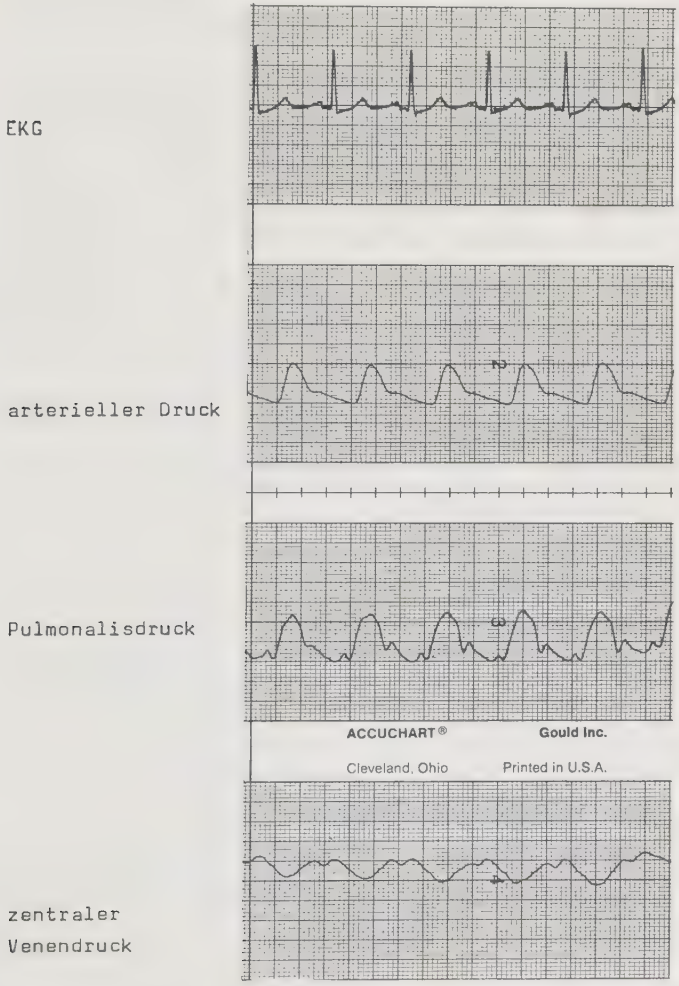
Während des gesamten Meßzeitraumes waren die Patienten durch eine fortlaufende EKG - Aufzeichnung überwacht.

5.1. Kontinuierlich gemessene Parameter

Parameter	Symbol	Maßeinheit	Geräte/Methode
Herzfrequenz	HF	Schläge/Min	
Systolischer art. Druck	P syst.	mm Hg	
Diastolischer art. Druck	P diast.	mm Hg	
Arterieller Mitteldruck	$\bar{P}$ art.	mm Hg	Solo Monitor Fa. Mennen Medical Inc.
Syst. Druck i.d. Pulmonalis	PA syst.	mm Hg	
Diast. Druck i.d. Pulmonalis	PA diast.	mm Hg	
Mitteldruck i.d. Pulmonalis	$\overline{PA}$	mm Hg	
Druck i. re. Vorhof	ZVD	mm Hg	

Abb.: 6

Fortlaufende Registrierung kontinuierlich gemessener Kreislaufparameter (Fall III, M 2):



5.2. Punktuell gemessene Parameter

Parameter	Symbol	Maßeinheit	Geräte/Methode
Herzzeitvolumen	HZV	l/Min.	Lungenwasser-computer 9310 Fa. Edward Lab.
Pulmonaler Kapillardruck	PCWP	mm Hg	Solo Monitor Master D 1007 Vers. V 8.07.15
Arterieller O_2-Partialdruck	PaO_2	mm Hg	Gas-Check AVL n. K. Harnoncourt Fa. AVL GmbH Bad Homburg v.d.H.
Arterieller CO_2-Partialdruck	$PaCO_2$	mm Hg	
Arterielle O_2-Sättigung	SaO_2	%	
Extravaskuläres Lungenwasser	EVLW	ml/Kg Körpergewicht	LW - Comp. 9310 Fa. Edwards
Infusionsmenge	RL,G5	ml	
Plasmaprotein-infusionsmenge		ml	
Bluttransfusionsmenge		ml	
Urinmenge		ml	Blasenkatheter Urimeter
Sonstige Flüssig-keitsverluste		ml	
Thorax-Röntgen Aufnahme			

6. Die Messung des extravaskulären Lungenwassers

6.1. Methode

Die Messung des extravaskulären Lungenwassers beruht auf der Doppelindikatortechnik. Die Methode wurde zuerst von Chinard (5) beschrieben. Sie erfordert das gleichzeitige Injizieren zweier Indikatoren in die obere vena cava oder das rechte Atrium und die Bestimmung dieser Indikatoren in der Aorta oder einer ihrer Hauptäste. Der Indikator soll vollständig intravaskulär bleiben, der andere vermischt sich beim Passieren des Kapillargebietes mit dem extravaskulären Wasser der Lunge.

Eine Analyse der thermalen Indikatorkurven ermöglicht eine Bestimmung des Herzminutenvolumens und der durchschnittlichen Durchlaufzeiten der beiden Indikatoren. Das Produkt des Herzminutenvolumen und mittlerer Durchlaufzeit ergibt die Volumenverteilung für einen dieser Indikatoren. Die Differenz zwischen den Verteilungsvolumina der beiden Indikatoren stellt die Menge des extravaskulären Lungenwassers dar.

Von verschiedenen Autoren (6, 7, 8,) wurden für diesen Zweck indozyangrüner Farbstoff für den intravaskulären Bereich und der kalte Bolus einer Dextroselösung für den extravaskulären Bereich

ausgewählt. Diese finden auch bei vorliegenden Messungen Verwendung.

Der indozyangrüne Farbstoff bindet sich nach der Injektion rasch an Albumin und bleibt während einer Lungenpassage innerhalb des vaskulären Bereiches. Der Thermoindikator breitet sich während derselben Passage schnell in alle extravaskulären Bereiche der Lunge aus.

1o ml der eisgekühlten sterilen Farbstofflösung (Cardiogreen, Fa. Hynson, Wescott & Dunning) bestehend aus 2,5 mg indozyangrünen Farbstoffs in 1o ml Glucose 5%, werden in den rechten Vorhof über das proximale Lumen des Swan - Ganz - Katheters injiziert. Farbstoffkonzentration und Bluttemperatur werden in der a. subclavia bzw. Aortenbogen gemessen. Der exakte Meßort geht im Einzelfall aus der Thorax-Röntgen-Aufnahme nach Insertion des Lungenwasserkatheters hervor.

Über den Lungenwasserkatheter wird Blut entnommen und die Farbstoffkonzentration mit Hilfe eines Densitometers bestimmt, die Temperatur des Blutes in der Arterie wird mit dem Thermistor des Katheters gemessen.

Auf diese Weise erhält man die Indikatorverdünnungskurven der Farbstoffkonzentrationen und

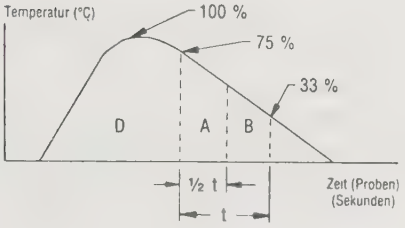
der Temperaturveränderungen.

6.2. Das Herzminutenvolumen

Das Herzminutenvolumen errechnet sich aus der Thermokurve nach folgender Gleichung.

$$C.O. = \frac{K_1 K_2 \, (T_B - T_1 - C_t)}{\text{Fläche}}$$

Abb.: 3



C.O. = Herzminutenvolumen durch Thermodilution

K_1 = 1,o8 x 6o x o,o1
1,o8 = Verhältnis der Dichte mal die spezifische Wärme von 5% Dextrose zur Dichte mal die spezifische Wärme des Blutes
6o = Sekunden/Minute
o,o1 = Volumen des Injektats in Litern (1o cc)

K_2 = 6,782 (Zählrate in Proben pro Sekunde) x 2o48/2,4 (Zähleinheit/2,4 °C) Umrechnungsfaktoren von Digitaleinheiten in das International System of Units (S.I.)

T_B = anfängliche Bluttemperatur in °C

T_1 = anfängliche Injektattemperatur in °C (es wird davon ausgegangen, daß diese 0 °C beträgt)

C_t = Katheterkonstante, °C, Korrekturfaktor für den Anstieg der Injektattemperatur durch den Katheter

Fläche= $D + A^2/(A - B)$ in °C - Sekunden

6.3. Das extravaskuläre Lungenwasser

Das extravaskuläre Lungenwasser (tatsächlich extravaskuläres Thermovolumen) errechnet sich aus dem Produkt von Herzminutenvolumen und der Differenz der mittleren Durchlaufzeiten der Thermo- und Farbstoffkonzentration nach folgender Gleichung.

$$EVL = \frac{1}{60} C.O. \; (MT_2 - MT_1)$$

Wobei:

EVL = extravaskuläres Lungenwasser (in ml oder l)

1/60 = Minute/Sekunden

C.O. = Herzminutenvolumen (in Litern)

MT_2 = mittlere thermale Passagezeit (in Sekunden), bezogen auf den Ausgangspunkt der Wärmekurve

MT_1 = mittlere Farbstoffpassagezeit (in Sekunden), bezogen auf den Ausgangspunkt der Farbstoffkurve

$$MT = \frac{TWA}{Fläche} \times \frac{1}{6{,}782}$$

Wobei:

TWA (Zeit bezogene Fläche in Zählraten) =

$$T_{33} \; Ttdt + \frac{B^2 \; (Tau + T_{33}) \text{ in Zählraten}^2}{A - B}$$

$T_{33} \; Ttdt$ = Fläche unter der Thermodilutionskurve, bis zu 33% des abfallenden Kurvenschenkels

$\frac{B^2(Tau + T_{33})}{A - B}$ = Darstellung der restlichen Kurve

T_{33} = Zeit vom Ausgangspunkt der Kurve bei abfallenden Kurvenschenkel

Tau = Zeitkonstante der Exponentialanpassung zum Endverlauf der Thermodilutionskurve in Sekunden

Fläche = $D + A^2/(A - B)$ in Zählraten
1/6,782 = Umrechnungsfaktoren von Digitaleinheiten auf das International System of Units (S.I.)

Die Berechnungen wurden von einem Mikrocomputer (Fa. Edwards: Lungenwassercomputer Modell 931o) ausgeführt. Die Katheterkonstante C_T = Temperaturanstieg des Injektats durch den Katheter in ^oC wurde in den Computer eingegeben.

6.4. Praktischer Aufbau der Meßeinheit

Durch Insertion des Lungenwasserkatheters am Oberarm konnte die gesamte Meßeinheit im Operationssaal am Kopfende des Patienten placiert werden. Folgende Übersichtszeichnungen sollen den Aufbau verdeutlichen.

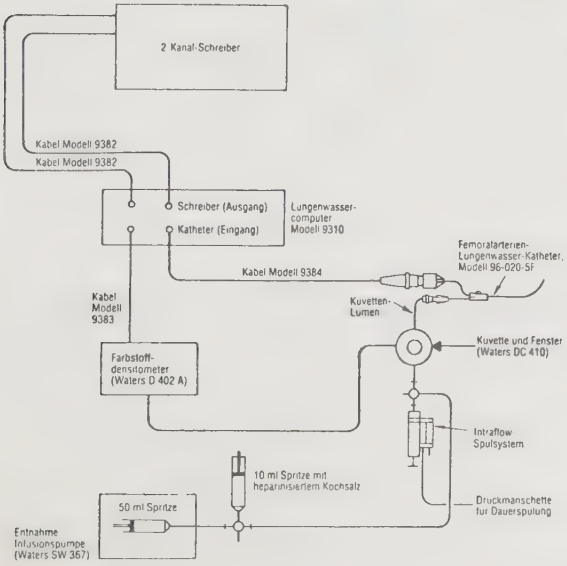


Abb.: 4

Abb.: 4

Schematische Darstellung des gesamten Aufbaus der Meßeinheit mit genauer Spezifikation der verwendeten Einzelteile. (9)

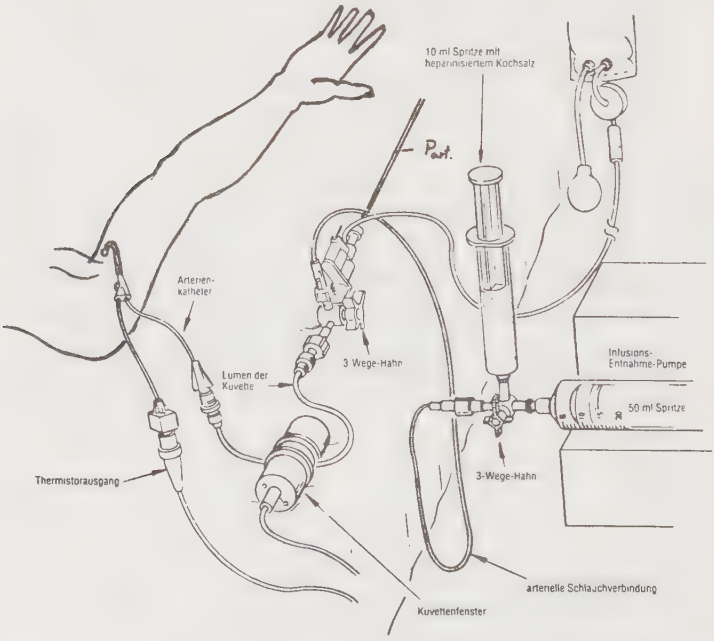


Abb.: 5

Praktischer Aufbau der Meßeinheit mit Spülsystem und arterieller Linie am Kopfende des Patienten.

7. Ergebnisse

Es wurden ein präoperativer und zwei postoperative Meßpunkte festgelegt (M1, M2, M3). Bei der Lungenwassermessung wurden an diesen Meßpunkten jeweils 3 Einzelmessungen im Abstand von 5 Minuten durchgeführt. Aus den drei Einzelmeßwerten wurde jeweils der Mittelwert errechnet. Die Standardabweichung der zum selben Meßzeitpunkt vorgenommenen Einzelmessungen blieb innerhalb der in der Literatur angegebenen Grenzen (1, 10). Die Meßergebnisse sind in folgenden Tabellen und Schemata dargestellt.

7.1. Fall I

Meßpunkt M 1 = Präoperativ vor Narkoseeinleitung

Meßpunkt M 2 = 1. Postoperativer Tag

Meßpunkt M 3 = 2. Postoperativer Tag

Im Abstand von 24 Stunden

Meßgröße	M 1	M 2	M 3
Hf Schl/Min	70	104	117
P syst. mm Hg	125	140	174
$\bar{P}$ mm Hg	84	94	120
P diast. mm Hg	56	74	88
PA syst. mm Hg	26	20	25
PAdiast. mm Hg	7	11	11
$\bar{PA}$ mm Hg	15	15	18
ZVD mm Hg	+7	+6	+4
HZV l/Min	6,8	12,0	12,5
PCWP mm Hg	11,2	13,8	14,1
MTT dye Sek.	12,6	3,6	7,23
MTT therm.Sek.	20,2	5,54	12,74
EVLW ml/Kg	4,85	5,4	6,47
Rö.-Befunde	Unauffällig	Unauffällig	Unauffällig

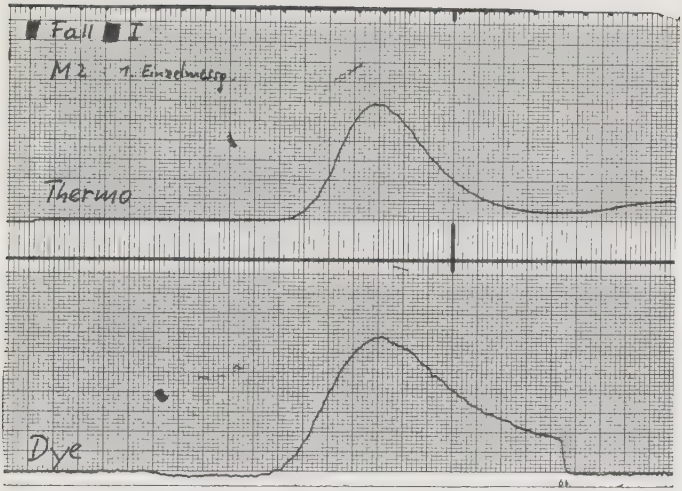


Abb.: 7

Zeigt als Beispiel die Indikatorverdünnungskurven der Farbstoffkonzentration und der Temperaturveränderungen. Das Herzminutenvolumen wurde aus dieser Kältever-dünnungskurve errechnet. (Von Fall I, Meßpunkt M 2, 1. Messung).

7.2. Fall II

Meßpunkt M 1 = Präoperativ vor Narkoseeinleitung

Meßpunkt M 2 = 1. Postoperativer Tag

Meßpunkt M 3 = 2. Postoperativer Tag

Meßgröße	M 1	M 2	M 3
Hf Schl/Min	76	96	100
P syst. mm Hg	130	152	154
$\overline{P}$ mm Hg	86	108	110
P diast. mm Hg	60	82	84
PA syst. mm Hg	27	33	25
PAdiast. mm Hg	12	10	10
$\overline{PA}$ mm Hg	18	21	16
ZVD mm Hg	+9	+10	+4
PCWP mm Hg	14,1	15,3	12,3
HZV l/Min	4,6	7,5	7,0
MTT dye Sek.	9,04	5,87	6,21
MTT therm.Sek.	13,00	8,73	10,70
EVLW ml/Kg	3,75	4,625	6,5
Rö.-Befunde	Unauffällig	Unauffällig	Unauffällig

7.3. Fall III

Meßpunkt M 1 = Präoperativ vor Narkoseeinleitung
Meßpunkt M 2 = 20 Stunden nach Operationsende
Meßpunkt M 3 = 29 Stunden nach Operationsende

7.3.1. Meßwerte und Befunde

Meßgröße	M 1	M 2	M 3
Hf Schl/Min	50	104	133
P syst. mm Hg	128	150	116
P mm Hg	86	104	78
P diast. mm Hg	58	80	58
PA syst. mm Hg	26	29	44
Pa diast. mm Hg	7	11	12
PA mm Hg	14	20	25
ZVD mm Hg	6	+6	+6
HZV l/Min	7,1	8,99	8,81
PCWP mm Hg	8,3	10,1	13,2
MTT dye Sek.	6,48	4,14	4,03
MTT thermo Sek.	10,2	7,69	9,12
EVLW ml/Kg	5,58	6,92	9,74
Rö.- Befunde:	Unauffällig	s. Ausf.	s. Ausf.

M 2 : Erhebliche Betonung der Lungenkerne bds. und vermehrt fleckige Zeichnung.

M 3 : Befund unverändert.

7.3.2. Lungenwasser und Röntgenbefund der Lunge

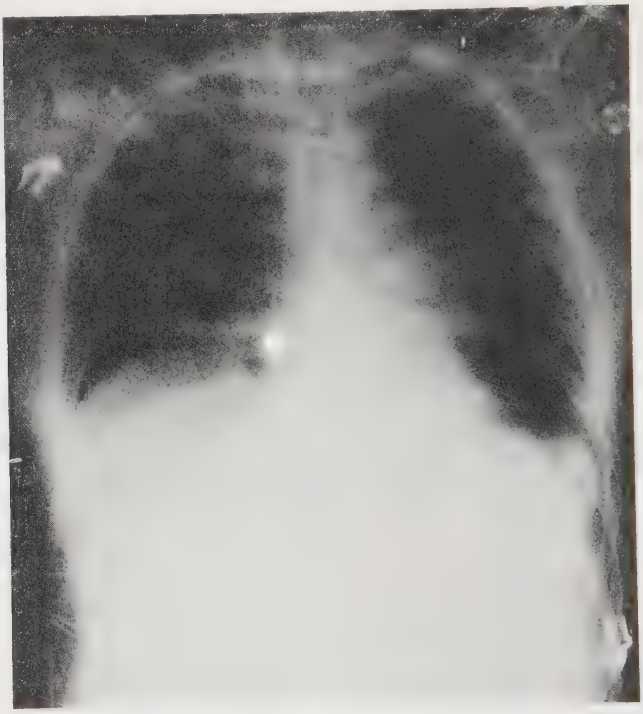


Abb.: 8
Thorax-Röntgen-Aufnahme bei Fall III zum Meßzeitpunkt M 2 (20 Stunden nach Operationsende). Die Aufnahme zeigt eine erhebliche Betonung der Lungenkerne bds. und vermehrt fleckige Zeichnung.(11) Es wurde der Verdacht auf ein beginnendes interstitielles Lungenödem geäußert. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein extra-

vaskuläres Lungenwasser von 6,92 ml/Kg gemessen. 9 Stunden später wurde trotz dazwischenliegender Lasixtherapie und rückläufiger Volumenbilanz ein extravaskuläres Lungenwasser von 9,74 ml/Kg gemessen. Für Patienten ohne pulmonale Probleme wird in der Literatur ein EVLW - Wert von 5,7 ± 1,2 ml/Kg angegeben (1, 10). Außerdem zeigt die Röntgenaufnahme die Lage des Swan-Ganz-Katheters und den Lungenwasserkatheter in der linken a. subclavia.

7.3.3. Lungenwasser und Volumenbilanz

	Gesamtmenge bis zum jeweiligen Meßpunkt	M 1	M 2	M 3
Einfuhr	Infusionslösg. ml	300	3250	4000
	Plasmaproteinlös. ml	---	2500	2750
	Humanalbumin 5% ml	---	250	---
	Gesamt ml	300	5440	6750
Ausfuhr	Urinmenge ml	40	2545	3395
	Magensonde ml	--	420	520
	Sonstige (persp. ins. u.a) ml	--	550	800
	Blutverlust	--	300	300
	Gesamt ml	40	3865	5015
	Flüssigkeitsbilanz ml	+260	- 265	-715
	Volumenbilanz ml	+260	+2175	+1735

Bei der Volumenbilanz wurden Gesamteinfuhr und -ausfuhr über den gesamten Zeitraum von Narkosebeginn bis zum jeweiligen Meßzeitpunkt gegeneinander bilanziert. Bei

der in der Tabelle außerdem angegebenen Flüssigkeitsbilanz wurden Blut und kolloidale Lösungen nicht mitgerechnet.

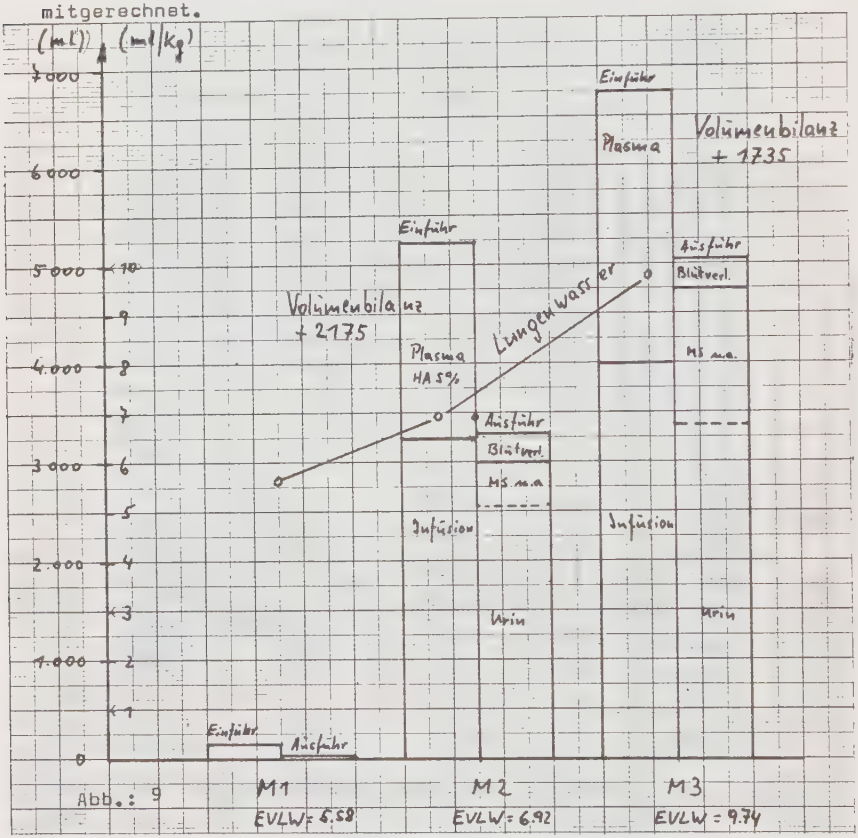


Abb.: 9

Zeigt die enge Korrelation der gemessenen EVLW-Werte zur Volumenbilanz. Zwischen M2 und M3 nimmt jedoch das Lungenwasser noch zu, obwohl sich die positive Volumenbilanz durch Lasixtherapie verringert. In dieser Zeit war die Wirkung der thorakalen Peridural-anästhesie rückläufig und zum Zeitpunkt M3 nicht mehr nachweisbar.

8. Diskussion

Der Messung des extravaskulären Lungenwassers wird in der Literatur aus jüngster Zeit eine wichtige Rolle bei der Klärung von klinischen Problemen zugewiesen. Doch erst in den letzten Jahren hat sich die Methode so weiterentwickelt, daß nach Angaben verschiedener Autoren (10, 12), exakte und reproduzierbare Werte zu erzielen sind. Versuche, das Lungenwasser mit Isotopen nach der Methode von Chinard (5) zu messen, waren unbefriedigend. Durch die Unzulänglichkeit (1,5) der Indikatoren wurden nur 30 - 70 % des EVLW bestimmt. Erst mit der Anwendung der Doppelindikatorverdünnungsmethode mittels Kälte- und Farbstoffverdünnung konnte das EVLW exakt bestimmt werden (Elings und Lewis). Die aufwendige Auswertung der Dilutionskurven verhinderte jedoch die breite klinische Anwendung (1). Durch den Einsatz eines Mikrocomputers konnten Lewis und Elings diese Schwierigkeit überwinden. Ihre experimentellen Lungenwasserbestimmungen zeigten gute Übereinstimmung mit gravimetrischen Werten (1, 12). Seither ist die Methode von verschiedenen Autoren bettseitig mit Erfolg angewandt worden. Es wird in der Literatur (1,10) für einen Patienten ohne pulmonale Probleme ein Normalwert für das EVLW von 5,7 $\pm$ 1,2 ml/Kg Körpergewicht angegeben. Die von Lewis und Elings, Byrick (10, 12) errechnete mittlere Standardabweichung von 8 %

weist auf eine gute Reproduzierbarkeit der mit der Doppelindikator-Verdünnungsmethode ermittelten Lungenwasserwerte hin.

Es bot sich an, diese Methode nicht nur bettseitig, sondern auch perioperativ besonders bei Gefäßpatienten auf ihre Anwendbarkeit zu prüfen. Es konnte gezeigt werden, daß die technischen und organisatorischen Schwierigkeiten lösbar sind. Darüber hinaus ergab sich die Möglichkeit, pulmonale Probleme, die häufig im Zusammenhang mit Narkose und Operation auftraten (2), prä- und postoperativ zu verfolgen.

Von den drei beschriebenen Fällen wurden bei zwei Patienten prä- und postoperativ Lungenwasserwerte gemessen, die zwar bis zum 2. postoperativen Tag leicht anstiegen, sich aber innerhalb der in der Literatur angegebenen Normalgrenzen bewegten. Der intra- und postoperative Krankheitsverlauf bei diesen Patienten war, auch besonders angesichts des hohen kardiovaskulären und pulmonalen Risikos dieser Gefäßoperation und Narkose, völlig unauffällig.

Beim 3. Fall kam es postoperativ zu einem pathologischen Verlauf. Das Röntgenbild der Lunge zeigte am 1. postoperativen Tag Betonung der Lungenkerne bds. und vermehrt fleckige Zeichnung. Gleichzeitig konnten erhöhte Werte für das extravaskuläre Lungenwasser gemessen werden. Hier konnte deutlich eine Übereinstimmung von

röntgenologischer Diagnose und erhöhten Werten für das EVLW gezeigt werden. (Fall III, M 2). Zu diesem Zeitpunkt war der Verdacht auf ein beginnendes interstitielles Lungenödem gerechtfertigt, wie es in der Vergangenheit häufig nach Gefäßoperationen in Verbindung mit thorakaler, segmentaler Periduralanästhesie beobachtet worden war (2). Eine genaue Analyse von Volumen- Ein- und Ausfuhr seit Narkosebeginn ergab, daß sich der Patient zu diesem Zeitpunkt in einer Gesamtvolumenbilanz von +2175 ml befand. Der überwiegende Teil dieser Volumentherapie fand während der Narkose statt. Diese massive Volumentherapie wird wie folgt begründet: Die Wirkung der hohen thorakalen Epiduralanästhesie auf den Kreislauf ist bei älteren Patienten besonders ausgeprägt (Bonica et al. 1969,1970). Renck et al. (1976), Engberg et al. (1978) stellten fest, daß bei älteren Patienten bei Verwendung von Lokalanästhetika ohne Adrenalinzusatz zur Periduralanästhesie der arterielle Blutdruck vorwiegend widerstandsabhängig abfällt. Dabei genüge die Gabe von 2000 - 2500 ml Elektrolytlösung beim beatmeten Patienten, um eine Reduktion der Vorlast des linken Herzens durch eine Umverteilung des intrathorakalen Blutvolumens in die durch Sympathikolyse

weitgestellte Peripherie zu kompensieren (13). Durch die massive Volumengabe sollten also kritische Blutdruckabfälle nach Einleitung der Narkose und nach Öffnen der Aortenklemme und Freigabe des Blutstromes in die Peripherie verhindert werden.

Im Fall III wurde nach Meßpunkt M 2 eine Diuresetherapie mit Lasix durchgeführt. Trotz deutlicher Steigerung der Urinausscheidung und Reduktion der positiven Volumenbilanz auf +1735 ml wurde 9 Stunden später eine weitere Steigerung des EVLW auf 9,74 ml/Kg gemessen (M3 bei Fall III s. a. Abb.9). Dies läßt sich möglicherweise dadurch erklären, daß zu diesem Zeitpunkt die Wirkung der thorakalen Epiduralanästhesie rückläufig war. Durch das Nachlassen der Sympathikolyse werden die bis dahin weitgestellten Gefäße in der Peripherie wieder normalisiert und es kommt zu einer Rückverteilung des vorher in die Peripherie verlagerten Volumens.

9. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die klinische Anwendung der Lungenwassermessung in der perioperativen Phase anhand von drei Fällen beschrieben. Bei drei großen Gefäßoperationen in Kombinationsnarkose mit Ethrane und thorakaler Periduralanästhesie wurde prä- und postoperativ das extravaskuläre Lungenwasser gemessen. Praktische Durchführung und Arbeitsaufwand der Messung vor und nach Narkose werden beschrieben. Die Meßergebnisse werden der perioperativen Flüssigkeits- und Volumenbilanz gegenübergestellt, mit den Röntgenbefunden der Lunge verglichen und im Zusammenhang mit der Narkosemethode diskutiert.

Bei zwei Fällen ergibt sich ein komplikationsloser Verlauf mit normalen Werten für das extravaskuläre Lungenwasser. Im dritten Fall kommt es postoperativ zum Auftreten eines interstitiellen Lungenödems. Es wird die Übereinstimmung der gemessenen Lungenwasserwerte mit den Röntgenbefunden der Lunge gezeigt. Es wird ein Zusammenhang zwischen der weitgehend durch die Narkosemethode bedingten Volumenbilanz und dem Auftreten pathologisch erhöhter Werte für das extravaskuläre Lungenwasser gefunden. Die enge Korrelation der gemessenen Lungenwasserwerte zu hämodynamischen Parametern wird dargestellt. Die Bedeutung dieser prä- und postoperativ durchgeführten Meßmethode für eine kritische Wahl der Narkosemethode bei großen Gefäßoperationen wird diskutiert.

10. Literaturverzeichnis

(1) Sturm, Johannes A.
Bericht über bettseitige Bestimmung des extravaskulären Lungenwassers auf der Intensivstation des San Francisca General Hospital (UCSF) August 1982, Anästhesiekongreß Wiesbaden

(2) Günter, D.
Vortrag auf Röntgen-Kongreß am 4.5.1978 in Bonn

(3) Sturm, Johannes A.
Pathophysiologie des Interstitiellen Lungenödems
Vortrag auf dem Deutschen Anästhesiekongreß in Wiesbaden 1982

(4) Fa. Edward Laboratories
Produktinformation

(5) Chinard, F.P. Enns, T.
Transcapillary pulmonary exchange of water in the dog.

(6) Gee, M. H. et al.
Estimation of Pulmonary Extravascular Fluid Volume by Use of Thermodilution. Fed. Proc., 30:379, 1979

(7) Holcroft, J. W., et al.
Excessive Fluid Administration in Resuscitating Baboons from Hemorrhagic Shock, and an Assessment of the Thermodye Technic For Measuring Extravascular Lung Water. Am. J. Surg., 135:412, 1978

(8) Lewis, F. R., et al.
Bedside Measurement of Lung Water. J. Surg. Res., 27:250-261, 1979

(9) Fa. Edwards Laboratories
Produktinformation

(10) Byrick, R.J., Kay, J. C., Noble, W. H.
Extravascular lung water accumulation in patients following coronary artery surgery. Canad. Anaesth. Soc. J. 24, 332 1977

(11) Günter, D.
Röntgenbefund der Lunge vom 11.3.1983, Röntgenabteilung der Medizinischen Einrichtungen der Universität Düsseldorf.

(12) Lewis, F. R., Elings, V. B.
Microprocessor determination of lung water using thermal-green dye double indicator dilution. Durg. Forum 29, 182 , 1978.

(13) Wüst, H. J.,
Veränderungen der Herz-Kreislauffunktion während Aortofemoraler Bypassoperationen. Vergleich der Wirkung der Neurolept-, Halothan- und der kontinuierlichen Epiduralanästhesie. Habilitationsschrift der Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf.

(14) Noble, W. H., Severinghaus, J. W.
Thermal and Conductivity Dilution Curves for Rapid Quantitation of Pulmonary Edema. J. Appl. Physiol., 32:770, 1972

(15) Lewis, F. R., Elings, V. B., Hill, S. L., Christensen, J. M.
The Measurement of Extravascular Lung water by Thermal-Green Dye Indicator Kilution. Ann. N. Y. Acad. SCI. Vol. 384, 1982

Lebenslauf

Am 22.1.1939 wurde ich in Tetschen/Sudentenland als Sohn des Verwaltunsbeamten Otto Schier geboren.

1945 - 1953 Grundschule in Lucka/Bez. Leipzig

1953 - 1957 Oberschule in Meuselwitz/Bez. Leipzig und Halle/Saale

1957 Abitur an der ABF der Martin-Luther-Universität Halle

1957 - 1959 Studium des Faches elektronische Regelungs- und Steuerungstechnik an einer Ingenieurschule.

1959 Flucht in die Bundesrepublik Deutschland (C-Ausweis)

1959 Sonderprüfung für SBZ - Abiturienten am Staatlichen Gymnasium Wuppertal Elberfeld, danach Arbeit als techn. Zeichner und Hilfskrankenpfleger.

1964 - 1971 Studium der Humanmedizin an der Freien Universität Berlin.

1971 Staatsexamen an der FU Berlin.

1971 - 1972 Medizinalassistentenzeit an Städt. Krankenhäusern in Berlin.

1972 Approbation als Arzt.

1972 - 1973 Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Kronach/Ofr.

1973 - 1974 Assistenzarzt in der I. Anaesthesieabteilung des Allg. Krankenhauses St. Georg in Hamburg

1974 - 1975 Assistenzarzt in der Anaesthesieabteilung des Allg. Krankenhauses Hamburg Altona.

1975 - 1976 Assistenzarzt in der Anaesthesieabteilung des Allg. Krankenhauses Hamburg-Harburg

1976 - 1978 Assistenzarzt am Institut für Klinische Anaesthesie der Universität Göttingen.

Seit 15.8.1978 bis heute Assistenzarzt am Institut für Anaesthesiologie der Universität Düsseldorf.